

**NASKAH PUBLIKASI**

**PRARANCANGAN PABRIK**

**NITROGLISERIN DARI ASAM NITRAT DAN GLISERIN**

**DENGAN PROSES BIAZZI**

**KAPASITAS 20.000 TON PER TAHUN**



**Disusun Sebagai Salah Satu Syarat Untuk Memperoleh**

**Gelar Kesarjanaan Strata 1 Fakultas Teknik**

**Universitas Muhammadiyah Surakarta**

**Oleh :**

**Nur Wulan Purnamasari**

**D 500 100 038**

**Dosen pembimbing :**

**1. Emi Erawati, ST., MEng**

**2. Rois Fathoni, ST., MSc., PhD**

**JURUSAN TEKNIK KIMIA FAKULTAS TEKNIK**

**UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SURAKARTA**

**SURAKARTA**

**2014**

UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SURABAYA

FAKULTAS TEKNIK

JURUSAN TEKNIK KIMIA

---

Nama	Nur Wulan Purnamasari
NIM	D-500 100 038
Judul TTP	Prarancangan Pabrik Nitrogliserin dari Asam Nitrat dan Gliserin dengan Proses <i>Baker</i> kapasitas 20 000 Ton/Tahun
Dosen Pembimbing	1. Emi Erawati ST., M.Eng 2. Roris Fathoni ST., M.Sc., PhD

Surabaya, Juli 2014

Menyetujui :

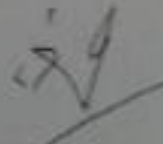
Dosen pembimbing I



Emi Erawati ST., M.Eng

NIK: 989

Dosen pembimbing II



Roris Fathoni ST., M.Sc., PhD

NIK: 892

## ABSTRACT

*Nitroglycerin plant design from glycerol and nitric acid using sulfuric acid catalyst gives a very bright prospects in the industrial world given the absence of factories producing in Indonesia. The plant is planned to operate for 330 days / year over an area of 14,000 m<sup>2</sup> which will be established in 2017, the plant site is located in Cikarang Bekasi, West Java, which is adjacent to the PT. Sumi Asih and PT Nitrotama Kimia as the main raw material provider. The plant operates with a capacity of 20,000 tons / year, with consideration to meet domestic needs.*

*Nitroglycerin-making process takes place in the liquid phase using a reactor CSTR (Continuous Stirred Tank Reactor) with a pressure of 1 atm conditions, a temperature of 15°C. Exothermic reaction takes place, irreversible, and non-adiabatic. To support the production process, then set the unit supporting the water supply unit for 3200.8984 kg / h. PLN's electricity needs and is obtained from two sets of 500 kW generator as back-up fuel as much as 0.0712 m<sup>3</sup> / h and compressed air at 50m<sup>3</sup> / h.*

*From the economic analysis done on this factory with fixed capital (FCI) Rp344.566.925.026,94 and working capital of Rp 82.406.517.124,08. From the economic analysis of the plant showed a profit before tax of Rp 89.398.421.731,50 per year after tax profits by 30% to Rp 62.578.895.212,05 per year. Return On Investment (ROI) before taxes 25,945% and 18,162% after tax. Pay Out Time (POT) before tax is 2.782 years and 3.551 years after taxes. Break Even Point (BEP) of 42,001%, Shut Down Point (SDP) of 15,330% and the Discounted Cash Flow (DCF) of 23,36%. From the data analysis of the feasibility of the above it can be concluded that the plant is profitable and feasible set*

*Keywords: Nitroglycerin, nitration, Continuous Stirred Tank Reactor*

## A. PENDAHULUAN

### 1. Latar Belakang Pendirian Pabrik

Indonesia merupakan salah satu negara yang sedang berkembang dalam sektor industri nya, hal tersebut dapat dilihat dari pesatnya kemajuan industrialisasi di Indonesia. Adanya peluang pasar yang besar, serta kemudahan dalam pemasokan bahan baku merupakan faktor pendukung dalam pendirian suatu industri.

Nitrogliserin merupakan senyawa yang dihasilkan dengan proses nitrasi pada kondisi tertentu dengan menggunakan asam nitrat dan asam sulfat sebagai bahan bakunya, yang bermanfaat dalam bidang farmasi dan sebagai bahan peledak. Dalam bidang farmasi misalnya, digunakan sebagai analgesik dan mengurangi frekuensi serangan *angina pectoris*, sedangkan jika digunakan sebagai bahan peledak, nitrogliserin biasa digunakan dalam sektor pertambangan dan dalam hal pertahanan negara. Nitrogliserin termasuk bahan peledak tingkat tinggi (*high explosive*) yang biasa dipakai dalam dinamit dan

propelan jenis *double base* dan *tripel base*. Oleh karena itu kebutuhan nitrogliserin di Indonesia sangat tinggi, dengan bahan baku yang mudah diperoleh di Indonesia, maka nitrogliserin mempunyai prospek yang besar untuk dikembangkan secara komersial.

Sampai saat ini belum ada pabrik nitrogliserin di Indonesia, sedangkan kebutuhan nitrogliserin semakin meningkat, sehingga guna memenuhi kebutuhan nitrogliserin dalam negeri, negara Indonesia masih harus mengimpor.

### 2. Penentuan Kapasitas Rancangan

Kapasitas pabrik merupakan faktor yang sangat berpengaruh terhadap perhitungan teknis maupun ekonomis. Meskipun secara teori keuntungan berbanding lurus dengan kapasitas pabrik, namun terdapat beberapa ketentuan lain yang perlu dipertimbangkan antara lain:

#### 1. Proyeksi Kebutuhan Nitrogliserin

Konsumsi nitrogliserin diperkirakan akan terus meningkat dalam beberapa tahun mendatang. Hal ini

dapat dilihat pada tabel impor nitrogliserin sebagaimana ditunjukkan pada tabel 1.1.

No	Tahun	Jumlah Ton/Tahun
1	2006	1462,038
2	2007	1671,176
3	2008	1906,095
4	2009	1972,257
5	2010	2176,639
6	2011	2564,245

## 2. Kapasitas Pabrik Minimal dan Maksimal Luar Negeri

Sampai saat ini di Indonesia belum ada pabrik yang memproduksi nitrogliserin. Pabrik nitrogliserin kapasitas terbesar adalah Union Carbide, Texas dengan kapasitas produksi sebesar 60.000 ton/tahun, dan kapasitas terkecil adalah Celanese, Bioshop Texas dengan kapasitas produksi sebesar 20.000 ton/tahun.

## 3. Ketersediaan Bahan Baku

Untuk memenuhi kebutuhan bahan baku gliserin diperoleh dari PT. Sumi Asih di Bekasi, asam

nitrat diperoleh dari PT. Multi Nitrotama Kimia di Cikampek, asam sulfat diperoleh dari PT. Indonesian Acid Industry di Bekasi, dan natrium karbonat diperoleh dari PT. Anugrah Putra Kencana di Jakarta.

## B. DESKRIPSI PROSES

### 2.1. Diagram Alir Proses

Secara umum proses produksi nitrogliserin terdiri dari tiga langkah proses, yaitu:

#### 1. Persiapan Bahan Baku

Bahan baku terdiri dari asam nitrat, gliserin dan katalis asam sulfat ( $H_2SO_4$ ). Asam nitrat dan asam sulfat masing-masing ditempatkan dalam tangki bahan baku (T-01) dan (T-02), sedangkan gliserin ditempatkan dalam tangki bahan baku (T-03) dengan kapasitas untuk memenuhi kebutuhan proses selama tujuh hari.

#### 2. Proses Reaksi

Asam nitrat dari tangki bahan baku 1 (T-01) dicampurkan dengan asam sulfat dari tangki bahan baku

2 (T-02) di dalam mixer-1 (M-01). Asam campuran dari M-01 didinginkan dengan *cooler* 1 (HE-01) hingga suhu 15°C dan dipompa menuju reaktor untuk direaksikan dengan gliserin dari tangki bahan baku 3 (T-03) yang terlebih dahulu didinginkan dengan *cooler*-2 (HE-02) hingga suhu 15°C. Dari reaksi tersebut dihasilkan konversi sebesar 99,43%. Pada reaksi ini timbul panas reaksi, untuk mempertahankan reaksi tetap pada 15°C maka kelebihan panas ini didinginkan dengan medium pendingin freon dengan suhu 5°C.

Nitrogliserin hasil reaksi, gliserin sisa dan asam sisa keluar secara *overflow* dari reaktor menuju *heater* 1 (HE-03) untuk dipanaskan hingga suhu 30°C, dan kemudian menuju dekanter 1 (D-01). Di dalam dekanter 1 (D-01) nitrogliserin dipisahkan dari sisa asam berdasarkan perbedaan densitas. Sisa asam selanjutnya dipompa ke unit pengolahan lanjut, sedangkan nitrogliserin masuk ke dalam *netralizer* (N-01) untuk

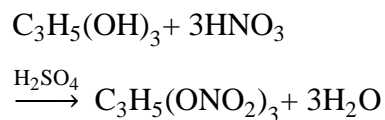
dinetralkan dengan natrium karbonat, selanjutnya dialirkan ke tangki pencuci 1 (TP-01) untuk melarutkan garam-garam hasil netralisasi.

### 3. Proses Pemisahan

Garam-garam hasil netralisasi masuk tangki pencuci (TP-01) untuk dicuci dengan air. Selanjutnya nitrogliserin dan garam-garam hasil netralisasi dipisahkan pada dekanter 2 (D-02) berdasarkan perbedaan densitas. Garam-garam hasil netralisasi keluar menuju Unit Pengolahan Limbah (UPL), sedangkan larutan nitrogliserin 99% dipompa menuju tangki produk (T-04) untuk disimpan sebagai produk.

### 2.2. DasarReaksi

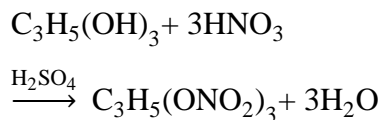
Reaksi pembuatan nitrogliserin merupakan reaksi antara asam nitrat dengan gliserin menggunakan katalis asam sulfat (H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>).



Reaksi nitrasi antara gliserin dan asam nitrat merupakan fase cair-cair bersifat eksotermis, dan ditetapkan pada suhu operasi 15°C, tekanan sebesar 1 atm diterapkan pada reaktor dengan konversi 99,43%. Perbandingan mol reaktan antara gliserin dan asam adalah 1 : 4. Campuran asam terdiri dari asam nitrat dan asam sulfat dengan perbandingan 52% : 48%.

### 2.3. Tinjauan Termodinamika

Reaksi pembuatan nitrogliserin:



Data-data enthalpi tiap komponen (T operasi = 25°C):

$$\Delta H^\circ_f \text{C}_3\text{H}_8\text{O}_3 : -665,9250 \text{ kJ/mol}$$

$$\Delta H^\circ_f \text{HNO}_3 : -173,0080 \text{ kJ/mol}$$

$$\Delta H^\circ_f \text{C}_3\text{H}_5(\text{ONO}_2)_3 : -368,4620 \text{ kJ/mol}$$

$$\Delta H^\circ_f \text{H}_2\text{O} : -285,8380 \text{ kJ/mol}$$

Panas pembentukan:

$$\Delta H_{298 \text{ K}} = \Delta H_{\text{produk}} - \Delta H_{\text{reaktan}}$$

$$= ((-368,4620) + 3 \times (-285,8380)) - ((-665,9250) + (3 \times (-173,0080)))$$

$$= (-1.225,976) - (-1.184,94)$$

$$= -41,0270 \text{ kJ/mol} = -41027 \text{ J/mol}$$

Data-data  $\int \text{CpdT}$  tiap komponen (T operasi = 15°C) :

$$\int \text{CpdT} \text{C}_3\text{H}_8\text{O}_3 : -2425,0125 \text{ J/mol}$$

$$\int \text{CpdT} \text{HNO}_3 : -1104,9311 \text{ J/mol}$$

$$\int \text{CpdT} \text{C}_3\text{H}_5(\text{ONO}_2)_3 : -3390,0000 \text{ J/mol}$$

$$\int \text{CpdT} \text{H}_2\text{O} : -756,8168 \text{ J/mol}$$

$$\int \text{CpdT}_{291 \text{ K}} = \int \text{CpdT}_{\text{produk}} - \int \text{CpdT}_{\text{reaktan}}$$

$$= ((-3390,0000) + 3 \times (-756,8168)) - ((-2425,0125) + (3 \times (-104,9311)))$$

$$= (-5.660,4504) - (-5.739,8058)$$

$$= 79,3554 \text{ J/mol}$$

$$= 0,0793554 \text{ kJ/mol}$$

Menghitung panas reaksi pada suhu reaksi (15°C):

$$\Delta H_R = \Delta H_{298 \text{ K}} + \int \text{CpdT}$$

$$= -41,0270 \text{ kJ/mol} + 0,0793554 \text{ kJ/mol} = -40,9476446 \text{ kJ/mol}$$

Berdasarkan perhitungan dari data-data yang ada, didapat harga enthalpi reaksi pada suhu 15°C sebesar -40,9476446 kJ/mol. Harga enthalpi didapat negatif, berarti reaksi pembuatan nitrogliserin merupakan reaksi eksotermis, artinya pada reaksi pembentukan nitrogliserin dibutuhkan sejumlah pendingin tertentu, sehingga reaktor memerlukan pendingin.

Reaksi tersebut juga dapat dihitung konstanta kesetimbangan reaksi, K.

Data-data energi Gibbs tiap komponen (T = 25°C):

$$\Delta G \text{ C}_3\text{H}_8\text{O}_3 : -448,49 \text{ kJ/mol}$$

$$\Delta G \text{ HNO}_3 : -74,70 \text{ kJ/mol}$$

$$\Delta G \text{ C}_3\text{H}_5(\text{ONO}_2)_3 : -206,72 \text{ kJ/mol}$$

$$\Delta G \text{ H}_2\text{O} : -228,60 \text{ kJ/mol}$$

$$\begin{aligned} \Delta G_{298 \text{ K}} &= \Delta G_{\text{produk}} - \Delta G_{\text{reaktan}} \\ &= ((-206,72) + \\ &\quad (3 \times (-228,60)) - (-448,49) \\ &\quad + 3 \times (-74,70)) \\ &= (-892,52) - (-672,59) \\ &= -219,93 \text{ kJ/mol} \end{aligned}$$

$$= -219930 \text{ J/mol}$$

$$\Delta G_{298 \text{ K}} = -RT \ln K$$

$$K_{298 \text{ K}} = \text{EXP} \left( \frac{\Delta G_{298 \text{ K}}}{-RT} \right)$$

$$\begin{aligned} &= \text{EXP} \left( \frac{-219930 \text{ J/mol}}{-8,3144 \text{ J/mol K} \times 298 \text{ K}} \right) \\ &= 3,5461 \times 10^{38} \end{aligned}$$

Besarnya konstanta kesetimbangan reaksi pada suhu operasi 15°C:

$$\begin{aligned} \frac{K_{288 \text{ K}}}{K_{298 \text{ K}}} &= \\ &\text{EXP} \left( -\frac{\Delta H_{298 \text{ K}}}{R} \right) \times \left( \frac{1}{T_{\text{operasi}}} - \frac{1}{298} \right) \\ &= \text{EXP} \left( -\frac{-41027}{8,3144} \right) \times \left( \frac{1}{288} - \frac{1}{298} \right) \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} K_{288 \text{ K}} &= 1,78 \times K_{298 \text{ K}} \\ &= 1,78 \times 3,5461 \times 10^{38} \\ &= 6,312 \times 10^{38} \end{aligned}$$

Dari hasil perhitungan dapat dilihat bahwa K sangat besar, maka dapat disimpulkan bahwa reaksi bersifat *irreversible*.



### C. SPESIFIKASI ALAT PROSES

#### a. Mixer-01 (M-01)

Nama	: M-01
Fungsi	: Sebagai alat untuk mencampur umpan asam nitrat sebesar 4.002,7802 kg/jam dan kecepatan umpan asam sulfat sebesar 3.694,8740 kg/jam
Operasi	: Kontinyu
Jumlah	: 1 buah
Suhu	: 30°C
Tekanan	: 1 atm
Diameter	: 1,5973 m
Tinggi	: 2,2724 m
Volume	: 3,1992 m <sup>3</sup>
Jenis	: Silinder tegak berpengaduk
Jenis head	: <i>Torispherical head</i>
Bahan kontruksi	: <i>Stainless steel SA-167 (tipe 304)</i>
Pengaduk	
Jenis	: Turbin dengan 6 <i>blade disk standar</i>

Kecepatan	: 149,3046 rpm
Diameter	: 0,5324 m
Motor	: <i>Variable-speed belt</i>
Power motor	: 10 hp
Utilitas	: listrik untuk menggerakkan pengaduk
Harga	: Rp5.952.481.058,85

#### b. Reaktor

Nama	: R-01
Fungsi	: Sebagai alat untuk mereaksikan gliserin dan asan nitrat pada fase cair menjadi nitrogliserin dan air dengan umpan gliserin sebesar 1.028,0731 kg/jam dan kecepatan umpan asam campuran 7.697,6542 kg/jam
Operasi	: Kontinyu
Jumlah	: 1 buah
Suhu	: 15°C
Tekanan	: 1 atm
Diameter	: 1,2410 m

Tinggi	: 1,8120 m		cairdari reaktor ke
Volume	: 1,9469 m <sup>3</sup>		decanter-01 dari
Jenis	: Reaktor Alir Tangki Berpengaduk		suhu 15° C menjadi 30°C
Jenis head	: <i>Torispherical head</i>		dengan pemanas steam
Bahan	: <i>Stainless steel SA-167</i>		jenuh pada suhu 100°C
kontruksi	(tipe 304)		dengan kecepatan
	Pengaduk		umpan sebesar
Jenis	: Turbin dengan 6 <i>blade disk standar</i> (1 Impeler)	Operasi	: Kontinyu
Kecepatan	: 627,8022 rpm	Jumlah	: 1 buah
Diameter	: 0,4137 m	Jenis	: <i>Shell and Tube</i>
Motor		Bahan	: <i>Stainless steel SA-167</i>
Power	: 175 hp	konstruksi	(tipe 304)
motor		Beban	: 271.787,2580 kJ/jam
	Pendingin	pemanas	
Jenis	: Koil	Luas	: 232,7071 ft <sup>2</sup>
Diameter	: 2,5 in	transfer	
Jumlah lilitai	: 19 lilitan	panas	
Medium	: Freon		Tube side
Utilitas	: Freon pendingin	Medium	: <i>Heavy organic</i> keluar
	Listrik untuk		reaktor
	menggerakkan pengaduk	Suhu	: 17°C
Harga	: Rp 4.266.672.446,01	Tekanan	: 1 atm
<b>c. Heater-03</b>		OD pipa	: ¾ in
Nama	: HE-03	BWG	: 12
Fungsi	: sebagai alat untuk mendinginkan umpan	Jumlah	: 90
		Pitch	: 1 in <i>square pitch</i>
		Panjang	: 12 ft

pipa  
 Passes : 2  
 Shell side  
 Medium : *Heavy organic* masuk reaktor  
 Suhu : 30°C  
 Tekanan : 1 atm  
 ID pipa : 13 ¼ in  
 Passes : 1  
 Baffles : 3  
 Utilitas : *Steam* jenuh suhu 100°C  
 Harga : Rp 379.516.330,63

#### d. Dekanter

Nama : D-01  
 Fungsi : Sebagai alat untuk memisahkan produk reaktor menjadi fase organik dan fase anorganik dengan kecepatan umpan masuk sebesar 8.725,7273 kg/jam  
 Operasi : Kontinyu  
 Jumlah : 1 buah  
 Suhu : 30°C  
 Tekanan : 1 atm

Diameter : 0,6759 m  
 Tinggi : 2,3314 m  
 Volume : 0,6059 m  
 Jenis : *Continuous Gravity Decanter Silinder Vertical*  
 Bahan : *Stainless steel SA-167*  
 konstruksi (tipe 304)  
 Harga : Rp 333.878.290,87

#### e. Netralizer

Nama : N-01  
 Fungsi : Sebagai alat untuk menetralkan umpan nitrogliserin sebesar 2.627,6867 kg/jam dengan larutan natrium karbonat sebesar 251,3054 kg/jam.  
 Operasi : Kontinyu  
 Jumlah : 1 buah  
 Suhu : 30°C  
 Tekanan : 1 atm  
 Diameter : 1,1202 m  
 Tinggi : 1,6429 m  
 Volume : 1,4417m<sup>3</sup>  
 Jenis : Reaktor Alir Tangki Berpengaduk

Jenis head : *Torispherical head*  
 Bahan : *Stainless steel SA-*  
 konstruksi 167 (tipe 304)  
 Pengaduk  
 Jenis : Turbin  
 Kecepatan : 210 rpm  
 Diameter : 0,3734 m  
 Motor : *Variable-speed belt*  
 Power motor : 7,5 hp  
 Pendingin  
 Jenis : coil  
 Diameter : 2 ½ in  
 Tinggi : 1,1691 m  
 Jumlah : 33 lilitan  
 lilitan  
 Medium : *Chilled water*  
 Utilitas : Listrik untuk  
 menggerakkan  
 pengaduk  
 harga : Rp 4.266.672.446,01

Suhu : 30°C  
 Tekanan : 1 atm  
 Diameter : 1,1597 m  
 Tinggi : 1,6824 m  
 Volume : 1,5959 m<sup>3</sup>  
 Jenis : Reaktor Alir Tangki  
 Berpengaduk  
 Jenis head : *Torispherical head*  
 Bahan : *Stainless steel SA-167*  
 konstruksi (tipe 304)  
 Pengaduk  
 Jenis : Turbin  
 Kecepatan : 209,8474 rpm  
 Diameter : 0,3866 m  
 Motor : *Variable-speed belt*  
 Power motor : 7,5 hp  
 Utilitas : Listrik untuk  
 menggerakkan pengaduk  
 harga : Rp 3.902.828.860,51

#### f. Tangki Pencuci

Nama : T.P-01  
 Fungsi : Sebagai alat untuk  
 melarutkan garam-  
 garam hasil netralisasi  
 Operasi : Kontinyu  
 Jumlah : 1 buah

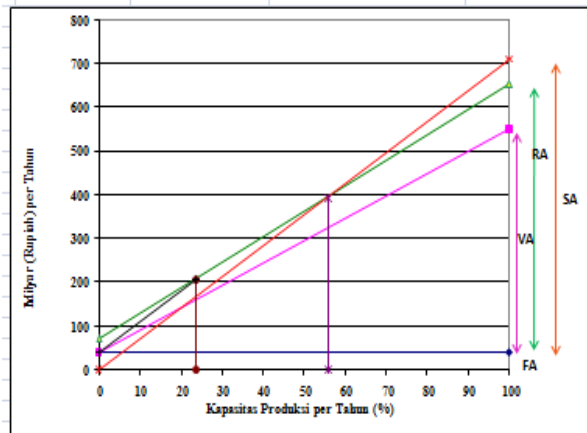
#### D. ANALISIS EKONOMI

Pada perancangan pabrik  
 nitrogliserin ini dilakukan evaluasi  
 atau penilaian investasi dengan tujuan  
 mengetahui apakah pabrik yang  
 dirancang menguntungkan atau tidak.

Berdasarkan hasil analisa  
 ekonomi terhadap prarancangan pabrik

amonium klorida diperoleh bahwa total investasi (*Total Capital Investment*) sebesar Rp 344.566.925.026,94 dan total biaya produksi (*Production Cost*) Rp 82.406.517.124,08. Dari analisa kelayakan diperoleh hasil ROI (*Return on Investment*) sebelum pajak 25,945% dan sesudah pajak 18,162%. POT (*Pay Out Time*) sebelum pajak 2,782 tahun dan sesudah pajak 3,551 tahun, BEP (*Break Even Point*) 42,001%, SDP (*Shut Down Point*) 15,330% dan DCF (*Discounted Cash Flow*) sebesar 23,36%.

Hasil analisis ekonomi dapat digambarkan sebagai berikut ini :



Gambar 1. Grafik Analisa Kelayakan Pabrik Amonium Klorida

## E. KESIMPULAN

Dari analisa ekonomi yang dilakukan dapat dihitung :

1. *Percent Return On Investment* (ROI) setelah pajak sebesar 18,162%
2. *Pay Out Time* (POT) setelah pajak selam 3,551 tahun
3. *Break Event Point* (BEP) sebesar 42,001%
4. *Shut Down Point* (SDP) sebesar 15,330%
5. *Discounted* 23,36%

Jadi, Pabrik Nitrogliserin dari Gliserin dan Asam Sulfat dengan kapasitas 20.000 ton/tahun layak untuk didirikan.

## DAFTAR PUSTAKA

Badan Pusat Statistik. (2006). Retrieved february 19, 2014, from [www.bps.go.id](http://www.bps.go.id): <http://www.bps.go.id/impor>

Brown, G.G., 1950, *Unit Operations*, John Wiley and Sons, Inc., New York.

Brownell, L.E. and Young, E.H., 1979, *Process Equipment Design*, John Wiley and Sons, Inc., New York.

- Coulson, J.M. and Richardson, J.F., 1983, *Chemical Engineering*, Vol. 6, Pergamon Press, Oxford.
- Holman, J. P., 1988, *Perpindahan Kalor*, alih bahasa Jasifi E., edisi ke-6, Erlangga, Jakarta.
- Kai, T. L. (2008). The kinetic parameters and safe operating cinditions of nitroglycerine manufacture in the CSTR of Biazzi process. *Process Safety and Enviromental Protection Science Direct* 86 , 37-47.
- Kern, D.Q., 1950, “*Process Heat Transfer*”, McGraw-Hill International Book Company Inc., New York.